

Хейер В. Р., Доннелли М. А., Мак Дайермид Р. В. и др., 2003. Измерение и мониторинг биологического разнообразия: стандартные методы для земноводных / пер. с англ. М. : Товарищество науч. изд. КМК. 380 с.

Лада Г. А. и др., 2008. Альбинизм у прудовой лягушки (*Rana lessonae*) в Хоперском заповеднике // Современная герпетология. Т. 1. С. 58–61.

Некрасова О. Д., 2008. Классификация аномалий бесхвостых амфибий // Тр. Украин. герпет. об-ва. Т. 1. С. 55–58.

Микитинец Г. И., 2012. Морфологические аномалии у бесхвостых амфибий степной зоны Украины // Вопросы герпетологии : материалы Пятого съезда Герпет. об-ва им. А. М. Никольского. Минск : Право и экономика. С. 197–202.

Файзулин А. И., 2011. О морфологических аномалиях бесхвостых земноводных (Anura, Amphibia) Волжского бассейна // Праці Українського герпетологічного товариства. Т. 3. Киев. С. 201–207

Borkin L. J., Pikulik M., 1986. The Occurrence of Polymely and Polydactyly in Natural Populations of Anurans of the USSR // Amphibia – Reptilia. Vol. 7, Nr 3. P. 205–216.

АНОМАЛИИ У ДВУХ ВИДОВ ТРИТОНОВ НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ РОССИИ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

С. Н. Литвинчук

Институт цитологии РАН (Санкт-Петербург)

ANOMALIES IN TWO SPECIES OF NEWTS FROM NORTH-WESTERN RUSSIA: A COMPARATIVE ANALYSIS

S. N. Litvinchuk

Institute of Cytology, Russian Academy of Science (St. Petersburg)

Amount of animals with anomalies in wild populations of tailed amphibians, as a rule, are higher as compare with anurans. This phenomenon could be named as «the paradoxes of high amount of morphological abnormalities in tailed amphibians». The aim of the present paper was to study the paradoxes on the example

of two newt species inhabiting north-western Russia. The amount of malformed animals in *Lissotriton vulgaris* (2,6 %) was two time higher as compared with *Triturus cristatus* (1,3 %). The number of adults with anomalies (7,5 and 9,0 % in *T. cristatus* and *L. vulgaris*, respectively) was much higher when in larvae (0 and 0,6 %). All mentioned malformations were on limbs only. Perhaps, an amount of anomalies in newts increased during life as a result of abnormal regeneration. The proposal is supported by strong correlation between number of animals with anomalies and amount of newts with injuries.

Встречаемость животных с аномалиями в природных популяциях хвостатых земноводных, как правило, выше, в сравнении с бесхвостыми. Это явление можно назвать «парадоксом большого количества морфологических аномалий у хвостатых амфибий». Целью настоящей работы было изучение этого парадокса на примере двух видов тритонов, населяющих северо-запад России. Встречаемость аномальных особей у *Lissotriton vulgaris* (2,6 %) была в два раза выше, по сравнению с *Triturus cristatus* (1,3 %). Доля взрослых с аномалиями (7,5 и 9,0 % в *T. cristatus* и *L. vulgaris* соответственно) была значительно выше, чем у личинок (0 и 0,6 %). Все упомянутые аномалии отмечены только на конечностях. Возможно, частота аномалий у тритонов увеличивается в течение жизни в результате аномальной регенерации. Данное предположение подтверждается существенной корреляцией между частотой животных с аномалиями и встречаемостью тритонов с травмами.

Как правило, в природных популяциях количество особей с аномалиями конечностей у хвостатых амфибий значительно больше, чем у бесхвостых амфибий. Данное явление может быть названо «парадоксом повышенного количества аномалий у хвостатых амфибий». Целью работы было изучение данного парадокса на примере двух видов тритонов, населяющих северо-запад России. Общее количество особей с аномалиями у *Lissotriton vulgaris* было в 2 раза выше (2,6 %), чем у *Triturus cristatus* (1,3 %). Встречаемость аномалий у взрослых особей оказалась значительно выше (7,5 и 9,0 % *T. cristatus* и *L. vulgaris* соответственно), чем у личинок

(0 и 0,6 %). Все отмеченные аномалии были только на конечностях. Вероятно, у тритонов восстановление утраченных конечностей в течение всей жизни ведет к увеличению количества их отклонений за счет аномальной регенерации. В пользу этого предположения говорит сильная корреляционная связь между числом особей с аномалиями и количеством особей с повреждениями конечностей.

Современные исследования показывают, что количество морфологических аномалий (дефекты в строении головы, осевого скелета, таза и конечностей, а также кожные аномалии и опухоли) в последние годы увеличивается во многих популяциях амфибий [Blaustein, Johnston, 2003], часто превышая 5 %-й порог фоновой встречаемости аномалий. Кроме того, отмечено, что у амфибий, резко сокращающих свою численность [Requero et al., 2010; Burgmeier et al., 2011], встречаемость морфологических аномалий увеличивается (более 50 %), как, например, в природных популяциях *Cryptobranchus alleganiensis* (Daudin, 1803) или *Ambystoma mexicanum* (Shaw & Nodder, 1798). Поэтому считается важным проводить мониторинг количества аномалий как критерия, отражающего качество окружающей среды и состояние здоровья популяции [Burgmeier et al., 2011; Боркин и др., 2012].

Сравнительный анализ встречаемости морфологических аномалий в различных группах амфибий показал, что, как правило, в природных популяциях количество особей с аномалиями у хвостатых амфибий значительно больше, чем у бесхвостых (рис. 1). Это явление может быть названо «парадоксом повышенного количества аномалий у хвостатых амфибий».

Повышенная встречаемость аномалий у хвостатых амфибий была выявлена не только в природных популяциях, но и у лабораторных животных. Так, при изучении потомства *Pleurodeles waltl* (Michahelles, 1830), полученного при выращивании в неволе [Dougnon et al., 1998], было выявлено значительное количество особей с аномалиями (7,1 % при 20 °C).

Целью данной работы было изучение парадокса повышенного количества аномалий у хвостатых амфибий на примере двух видов

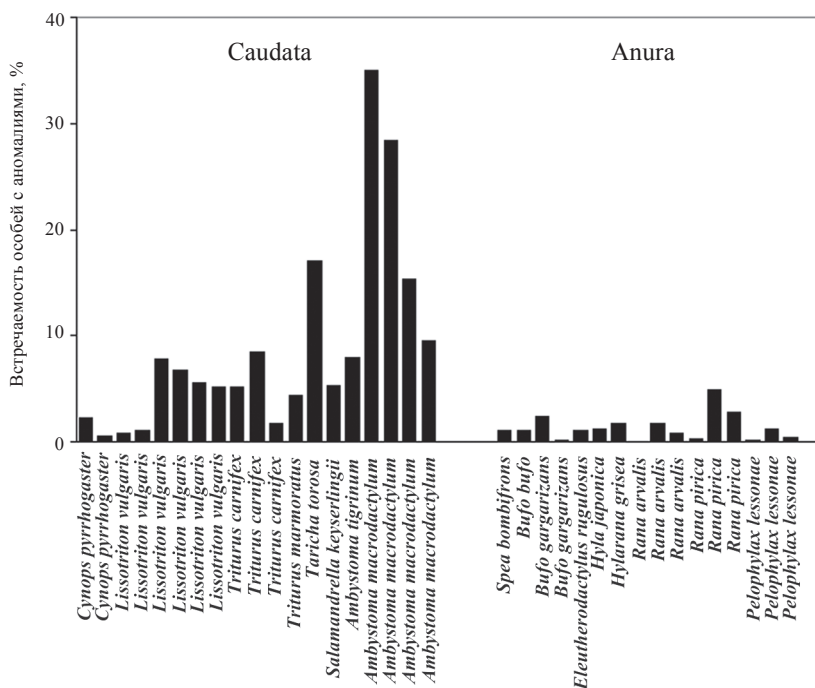


Рис. 1. Фоновая встречаемость особей с аномалиями в природных популяциях амфибий [Fukui et al., 1996; Johnson et al., 2001, 2006; Diego-Rasilla et al., 2007; Williams et al., 2008; Боркин и др., 2012]

трионов – *Triturus cristatus* (Laurenti, 1768) и *Lissotriton vulgaris* (Linnaeus, 1758), населяющих северо-запад России.

В ходе исследования были изучены 233 особи гребенчатого тритона и 466 особей обыкновенного тритона, собранных п. Елизаветино Гатчинского района Ленинградской области России (N 59°29,519' E29°45,041', 121 м н. у. м.) в водоемах на месте заброшенного карьера и его окрестностях.

У *T. cristatus* общее количество особей с аномалиями составило 1,3 % (таблица).

Аномалии кожи, черепа и осевого скелета не отмечены. Среди аномалий конечностей наиболее часто (1,3 %) встречалась полифалангия (т. е. раздвоение фаланг пальцев). Амелия (отсутствие конеч-

**Встречаемость особей с аномалиями (P_{as}) и повреждениями конечностей (P_{in}),
а также парциальная встречаемость аномалии
у двух видов тритонов, населяющих п. Елизаветино (Россия)**

Вид	Тип	n	P_{as}	P_{in}	Парциальная встречаемость аномалии, %									
					I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
<i>Triturus cristatus</i>	Взрослые	40	7,5	22,5	2,5	–	–	7,5	5,0	–	–	–	–	–
	Личинки	193	0	5,7	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Общее	233	1,3	7,3	0,4	–	–	1,3	0,9	–	–	–	–	–
<i>Lissothriton vulgaris</i>	Взрослые	111	9,0	13,5	0,9	0,9	–	1,8	0,9	0,9	2,7	1,8	1,8	1,8
	Личинки	355	0,6	6,2	–	–	–	–	0,6	–	–	–	–	–
	Общее	466	2,6	7,9	0,2	0,2	–	0,4	0,6	0,2	0,6	0,4	0,4	0,4

Примечание: I – амелия; II – полимелия; III – полифалангия; IV – эктродактилия; V – полидактилия; VI – клинодактилия; VII – синдактилия; VIII – утолщение пальцев.

ностей) и эктродактилия (отсутствие пальцев) встречались несколько реже (0,4 и 0,8 % соответственно). Доля особей, у которых были найдены повреждения конечностей (отсутствующие, укороченные или регенерирующие пальцы и лапы), составила 7,3 %. Рядом исследователей [напр.: Johnson et al., 2006; Burgmeier et al., 2011] такие повреждения ранее также были отнесены к аномалиям.

Общее количество особей с аномалиями у *L. vulgaris* было в два раза выше, чем у гребенчатого тритона, и составляло 2,6 % (таблица). Разнообразие аномалий у этого вида также оказалось выше (общий спектр аномалий: 8 против 3). Как и у первого вида, аномалии кожи, черепа и осевого скелета у обыкновенного тритона не были отмечены. Наиболее часто (0,6 %) встречались эктро- и клинодактилия (искривление пальцев), в то время как амелия, полимелия (дихотомия конечностей), полифалангия, полидактилия (дополнительные пальцы), синдактилия (спросшиеся пальцы) и утолщение фаланг пальцев встречались реже. Общее количество особей с повреждениями конечностей составляло 7,9 % и было примерно таким же, как у гребенчатого тритона.

Аномалии у *T. cristatus* на северо-западе России встречаются несколько реже, чем у этого вида из других регионов (5,1–9,5 %) [см.: Литвинчук и Боркин, 2009], тогда как у *L. vulgaris* северо-запада России встречаемость аномалий не выходила за пределы фоновой изменчивости, отмеченной для этого вида в других регионах (0,8–7,8 %) [Литвинчук и Боркин, 2009; Боркин и др., 2012]. Сопоставление спектров аномалий у *T. cristatus* и *L. vulgaris* с северо-запада России с таковыми из других регионов не выявило значительных различий.

Сопоставление встречаемости аномалий, отмеченных у личинок и взрослых особей *T. cristatus* с северо-запада России (таблица), показало резкие различия между ними. Так, у личинок этого вида аномалии вообще не были отмечены, тогда как у взрослых тритонов они были нередки (7,5 %). Такая же картина наблюдалась и у *L. vulgaris* (0,6 и 9,0 % соответственно).

Как и в случае с аномалиями, встречаемость особей с повреждениями конечностей у обоих видов была значительно выше у взрос-

лых животных (15,0 % у *T. cristatus* и 13,5 % у *L. vulgaris*), чем у личинок (5,7 % у *T. cristatus* и 7,1 % у *L. vulgaris*).

Чем можно объяснить резкие различия во встречаемости аномалий у взрослых особей и личинок? Как правило, рассматриваются следующие факторы, влияющие на увеличение количества аномалий у амфибий: ультрафиолетовое и радиационное облучение, изменение магнитного поля, повышенные температуры, химическое загрязнение, заражение трематодами и вирусами, инбридинг, гибридизация, наличие рыб и физических повреждений с последующей неправильной регенерацией конечностей [Arntzen, Wallis, 1991; Asashima et al., 1991; Vershinin, 1995; Dournon et al., 1998; Williams et al., 2008]. В случае с тритонами из п. Елизаветино, вероятнее всего, именно последний фактор повлиял на различия между взрослыми особями и личинками. В пользу данного предположения может говорить сильная связь ($r = 0,83$) между встречаемостью особей с аномалиями и количеством особей с повреждениями конечностей в природных популяциях трех видов тритонов, населяющих Восточную Европу (рис. 2).

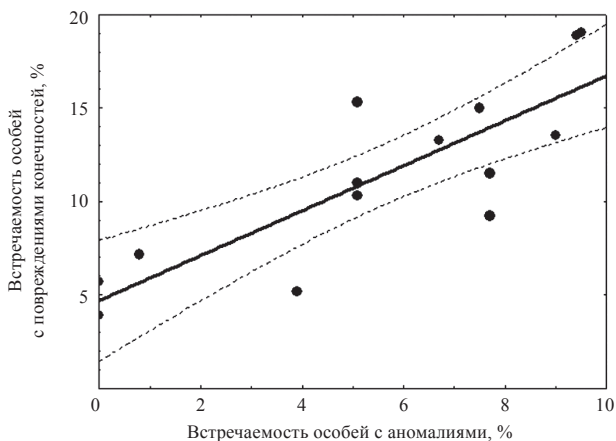


Рис. 2. Взаимосвязь между встречаемостью особей с аномалиями и количеством особей с повреждениями конечностей в природных популяциях хвостатых амфибий из Восточной Европы [Литвинчук и Боркин, 2009; собственные данные]

Таким образом, существование парадокса повышенного количества аномалий определяется особенностями поведения (повышенная агрессивность) и высокой регенерационной способностью хвостатых амфибий. Они могут многократно восстанавливать свои утраченные конечности, наращивая количество их аномалий в течение жизни за счет неправильной регенерации. Бесхвостые амфибии, как правило, не способны наносить друг другу серьезные повреждения конечностей и имеют крайне низкую регенерационную способность. Важно также отметить, что повышенное число аномалий у хвостатых амфибий нередко регистрируется за счет неправильного подсчета, так как в число аномалий включаются и механические повреждения конечностей, которых, как правило, значительно больше у хвостатых амфибий, чем у бесхвостых.

Оценивая влияние факторов внешней среды на появление различных аномалий у хвостатых амфибий, кроме, например, мутагенных и тератогенных факторов, дополнительно должны учитываться и такие факторы, как пресс хищников, плотность популяции, степень агрессивности особей своего вида и наличие синтопических видов хвостатых амфибий.

Я искренне признателен фонду РФФИ (№ 12-04-01277) за частичную поддержку исследования и Л. Я. Боркину за стимулирующие беседы и обсуждение парадокса повышенного количества аномалий у хвостатых амфибий, а также Ю. С. Литвинчук за помощь в полевых исследованиях и обработке материала.

Библиографические ссылки

Боркин Л. Я., Безман-Мосейко О. С., Литвинчук С. Н., 2012. Оценка встречаемости аномалий в природных популяциях (на примере амфибий) // Тр. Зоол. ин-та РАН. Т. 316, № 4. С. 324–343.

Литвинчук С. Н., Боркин Л. Я., 2009. Эволюция, систематика и распространение гребенчатых тритонов (*Triturus cristatus* complex) на территории России и сопредельных стран. СПб. : Европейский дом. 590 с.

Arntzen J. W., Wallis G. P., 1991. Restricted gene flow in a moving hybrid zone of the newts *Triturus cristatus* and *T. marmoratus* in western France // Evolution. Vol. 45, Nr 4. P. 805–826.

Asashima M., Shimada K., Pfeiffer C. J., 1991. Magnetic shielding induces early developmental abnormalities in the newt, *Cynops pyrrhogaster* // Bioelectromagnetics. Vol. 12. P. 215–224.

Blaustein A. R., Johnston T. J., 2003. The complexity of deformed amphibians // Frontiers in Ecology and the Environment. Vol. 1. P. 87–94.

Burgmeier N. G., Unger S. D., Meyer J. L., Sutton T. M., Williams R. N., 2011. Health and habitat quality assessment for the eastern hellbender (*Cryptobranchus alleganiensis alleganiensis*) in Indiana // USA J. of Wildlife Diseases. Vol. 47. P. 836–848.

Diego-Rasilla F. J., Luengo R. M., Rodriguez-Garcia L., 2007. *Triturus marmoratus* (Marbled newt). Limb abnormalities // Herpetological Review. Vol. 38. P. 68.

Dournon C., Bautz A., Membre H., Lauthier M., Collenot A., 1998. Expression of hindlimb abnormalities under rearing temperature effects during the larval development of the salamander *Pleurodeles waltl* (urodele amphibian) // Developmental and Growth Differentiation. Vol. 40. P. 555–565.

Fukui A., Asashima M., Mayer-Rochow V. B., 1996. 1995-update of morphological abnormalities in wild populations of the Japanese newt *Cynops pyrrhogaster* Boie (Urodela; Salamandridae) // Acta Hydrobiologica, Krakow. Vol. 38. P. 19–24.

Johnson P. T. J., Lunde K. B., Ritchie E. G., Reaser J. K., Launer A. E., 2001. Morphological abnormality patterns in a California amphibian community // Herpetologica. Vol. 57. P. 336–352.

Johnson P. T. J., Preu E. R., Sutherland D. R., Romansic J. M., Han B., Blaustein A. R., 2006. Adding infection to injury: synergistic effects of predation and parasitism on amphibian malformations // Ecology. Vol. 87. P. 2227–2235.

Requero E., Cruzado-Cortes J., Parra-Olea G., Zamudio K. R., 2010. Urban aquatic and conservation of highly endangered species: the case of *Ambystoma mexicanum* (Caudata, Ambystomatidae) // Ann. Zool. Fennici. Vol. 47. P. 223–238.

Vershinin V. L., 1995. Types of morphological anomalies of amphibians in urban regions // Amphibian Populations in the Commonwealth of Independent States: Current Status and Declines / eds. S. L. Kuzmin, C. K. Dodd, M. M. Pikulik. M. ; София : Pensoft. P. 91–98.

Williams R. N., Bos D. H., Gopurenko D., DeWoody J. A., 2008. Amphibian malformations and inbreeding // Biol. Lett. Vol. 4. P. 549–552.